BnF Gallica

Annalen der Physik (Leipzig)

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

BnF Gallica

Spindler, Paul (de Chemnitz). Annalen der Physik (Leipzig). 1832.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :
- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
reutilisationcommerciale@bnf.fr.

ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND XXIV.

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

VIERUNDZWANZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERTSTER.

NEBST SECHS KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1832.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes XXIV der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

Seite

I. Ueber das Entstehen des Organischen aus einfacher sichtbarer Materie, und über die organischen Molecüle und Atomen insbesondere, als Erfahrungsgegenstände, nebst Betrachtungen über die Sehkraft des menschlichen Auges; von C. G. Ehrenberg. 1

II. Verhältnisse der in den letzten vierzig Jahren zu Palermo beobachteten Erdstöfse, in Bezug auf ihre Richtung, Vertheilung nach den Jahreszeiten und fragliche Einwirkung auf den Barometerstand; von F. Hoffmann. 49

III. Ueber das im mittelländischen Meer entstandene vulcanische Eiland, genannt Corrao, Nerita, Isola Ferdinandea, Graham Island, Hotham Island und Julia, nebst einigen Nachrichten über andere kraterförmige Inseln. 65

IV. Ueber die Zusammensetzung des Phosphorwasserstoffgases und über die Verbindung desselben mit andern Körpern; von Heinrich Rose. 109

Selbstentzündlicher Phosphorwasserstoff, Zusammensetzung und specifisches Gewicht, S. 109. — Phosphorwasserstoffgas aus phosphoriger Säure, Zusam-

505,3
A614

646954

Seite

mensetzung und specifisches Gewicht, S. 125. — Isomerie beider Gase, S. 131. — Phosphorwasserstoffgas aus unterphosphoriger Säure, S. 133 — aus Phosphorkalk durch Chlorwasserstoffsäure, S. 134 — aus phosphorig und unterphosphorigsauren Salzen, S. 135. — Verbindungen des Phosphorwasserstoffgases, S. 137. — Titanchlorid-Phosphorwasserstoff, S. 141. — Titanchlorid-Chlorwasserstoff-Phosphorwasserstoff, S. 143. — Titanchlorid-Ammoniak, S. 145. — Titanchlorid-Chlorwasserstoff-Ammoniak, S. 148. — Jodwasserstoff-Phosphorwasserstoff, S. 151. — Umwandlung des einen Phosphorwasserstoffs in den andern, und umgekehrt, ohne Zersetzung. S. 156 und 142. — Zinnchlorid-Phosphorwasserstoff, S. 159. — Zinnchlorid-Ammoniak, S. 163. — Antimonsuperchlorid-Phosphorwasserstoff, S. 165. — Antimonsuperchlorid-Ammoniak, S. 165.

V. Ueber die Oxalsäure; von E. Turner. 166

VI. Vermischte chemische Notizen; von Liebig und Wöhler. 167
7) Cyan-Schwefelwasserstoffsäure, S. 167. — 8) Naphthalinschwefelsäure, S. 169. — 9) Aetherbildung durch Fluorbor, S. 171. — 10) Barytsuperoxyd, S. 172.

VII. Ueber das Paraffin und das Eupion, Vorwort zu dem nachfolgenden Aufsatz. 173

VIII. Analyse des Paraffins; von Jules Gay-Lussac. 179

IX. Ueber die quantitative Bestimmung des Chinins und Cinchonins in einer käuflichen Chinarinde; von G. W. Scharlau. 181

X. Ueber das neuste Mikroskop, von Pistor und Schiek in Berlin, gefertigt im Januar 1832. 188

XI. Notizen. 192

Zweites Stück.

Seite

I. Zur Bestimmung der magnetischen Inclination eines Orts; von Peter Riefs. 193

II. Ueber die Vertheilung des atmosphärischen Drucks in der jährlichen Periode, und barometrisches Nivelliren der Ebenen; von H. W. Dove. 205

III. Neue Beiträge zu Chladni's Verzeichnissen von Feuermeteoren und herabgefallenen Massen. Achte Lieferung. Von K. E. A. v. Hoff. 221

IV. Krystallisirter wasserhaltiger kohlensaurer Kalk. 242

V. Ueber die Verbindungen, welche durch die Einwirkung des Chlors auf Alkohol, Aether, ölbildendes Gas und Essiggeist entstehen; von Justus Liebig.

Sogenannter Sauerstoffäther, S. 245. — Wirkung des Chlors auf den Alkohol, S. 250. — Darstellung des Chlorals, S. 252. — Eigenschaften desselben, S. 255. — Neuer Chlorkohlenstoff, Zersetzungsproduct des Chlorals, S. 259. — Ameisensäure, zweites Zersetzungsproduct des Chlorals, S. 265. — Zusammensetzung des Chlorals, S. 267. — Untersuchung des aus dem Chloral entstehenden weifsen Körpers, S. 271. — Oel des ölbildenden Gases, S. 275. — Chlor und Aether, S. 283. — Schwerer Salzäther S. 284. — Chlor und Essiggeist, S. 285. — Zusammensetzung des Essiggeistes, S. 290. — Zusammensetzung der Chlorverbindung aus demselben, S. 293. — Nachschrift, S. 294.

VI. Ueber die Zusammensetzung des Phosphorwasserstoffgases und über die Verbindungen desselben mit anderen Körpern; von Heinrich Rose. (Schlufs.) 295

Chloraluminium-Phosphorwasserstoff, S. 295. — Chloraluminium-Ammoniak, S. 298. — Eisenchlorid-Ammoniak, S. 301. — Chromchlorür und Phosphorwasserstoff, S. 302. — Chlorschwefel und Phosphorwasserstoff, S. 303. — Chlorphosphor und Phosphor-

Seite

wasserstoff, S. 307. — Phosphorchlorür-Ammoniak, S. 308. — Phosphorchlorid-Ammoniak, S. 311. — Schwefelkalium und Phosphorwasserstoff, S. 313. — Phosphormetalle auf nassem Wege bereitet, S. 318. — Phosphormetalle auf trocknem Wege bereitet, S. 328. — Allgemeine Bemerkungen über die Wasserstoffverbindungen, S. 336.

VII. Bromkiesel und bromwasserstoffsaurer Phosphorwasserstoff; von Sérullas. 341

Jodwasserstoffsaurer Phosphorwasserstoff. 345

VIII. Ueber den Wasserstoffschwefel; von Thénard. . . . 350

IX. Ueber die Erzeugung von Ammoniak durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Salpetersäure; von J. F. W. Johnston. 354

X. Ueber das gewöhnliche kohlensaure Ammoniak; von C. Figuier. 357

XI. Vermischte chemische Bemerkungen; von J. Liebig. . 361

Chlorjod, S. 361. — Jodsaures Natron; Baryt und Strontian zu scheiden; Jodsäure, S. 362. — Chlorsaures Kali, S. 363. — Berlinerblau; Chromgelb, Schwefelbarium und Schwefelstrontium, S. 364. — Cyanquecksilber, S. 365. — Aetzkali, S. 366.

XII. Kalk im krystallisirten einfach kohlensauren Natron; beobachtet von G. N. Bauer. 367

XIII. Versuche über die desinficirende Wirkung einer erhöhten Temperatur; von W. Henry. 370

XIV. Ueber die Wirkung des gerösteten Kaffees auf thierische und pflänzliche Ausdünstungen. Vorwort zu dem folgenden Aufsatz. 373

Koffeïn, aromatische und Gerbstoff-Kaffeesäure. . . 377

XV. Bemerkungen über die von Hrn. Dr. Weifs am Kaffee beobachtete Eigenschaft, animalische und vegetabilische Effluvien zu zerstören, von G. Schweitzer. 380

XVI. Beitrag zur Kenntnifs der Krystallisation des gediegenen Silbers; von C. Naumann. 384

Seite

XVII. Ueber eine neue Art von Farbenverwandlung am Hyazinth; von G. F. Richter. 386

XVIII. Ueber den Uwarowit, eine neue Mineralspecies, von H. Hefs in St. Petersburg. 388

XIX. Auszug eines Schreibens des Hrn. Prof. Neumann an Prof. Weifs. 390

XX. Preisfragen der Fürstl. Jablonowsky'schen Gesellschaft zu Leipzig, für die Jahre 1832, 1833 und 1834, aus der Physik und Mathematik. 393

XXI. Programm der K. Academie der Wissenschaften zu St. Petersburg. 395

Drittes Stück.

I. Ueber Vocaltöne und Zungenpfeifen; von R. Willis. . . 397

II. Von den Combinationstönen; von G. G. Hällström. . . 438

III. Ueber das sogenannte Trevelyan-Instrument; von G. W. Muncke. 466

V. Ueber die elektromotorische Kraft des Magnetismus; von L. Nobili und V. Antinori. 473

V. Ueber den Magneto-Elektrismus, im Gegensatz des Elektro-Magnetismus; von G. F. Pohl. 489

VI. Ueber die Umbildung der Cyanwasserstoffsäure und der Cyanüre in Ammoniak und Ameisensäure, von Hrn. J. Pelouze. 505

Viertes Stück.

I. Chemische Untersuchungen, als Beiträge zur Physiologie der Cholera; von C. Wittstock. 509

II. Nachträgliche Bemerkungen über das Vorhandenseyn von freier Säure in dem venösen Menschenblut; von R. Hermann. 533

III. Neue Untersuchung des Menschenbluts; von L. R. Lecanu. 539

IV. Ueber den Farbstoff des Ochsenbluts; von L. R. Lecanu. 550

Seite

V. Ueber das Athemholen der niederen Thiere; von G. R. Treviranus. 558

VI. Beschreibung einer Methode, die Menge der in der Atmosphäre enthaltenen Kohlensäure zu bestimmen; von C. Brunner. 569

VII. Ueber die künstliche Erzeugung von krystallisirtem kohlensauren Kalk und über zwei Verbindungen dieses Salzes mit Wasser. 575

VIII. Ueber verschiedene Kohlenwasserstoff-Verbindungen; von J. Dumas. 580

IX. Untersuchung der holländischen Flüssigkeit; von J. Dumas. 582

X. Ueber die Schnell-Essigfabrication; von C. Wagenmann. 594

XI. Ueber Sauerstoffäther und verwandte Gegenstände; von J. W. Döbereiner. 603

XII. Ueber die Fabrication der englischen Schwefelsäure ohne Salpeter; von G. Magnus. 610

XIII. Ueber die Erregung elektrischer Ströme durch andere Ströme dieser Art; von Becquerel und Ampère. . . 612

XIV. Neue elektromagnetische Versuche und physikalische Theorie des Rotations-Magnetismus; von L. Nobili und V. Antinori. 621

XV. Ueber Elektro Magnete. 632

XVI. Ueber eine neue Eigenschaft der Sonnenwärme; von Hrn. Melloni. 640

XVII. Apparat zum Filtriren in höherer Temperatur; von K. Marchand. 649

XVIII. Molybdän und Kupfer im Meteoreisen. 651

XIX. Ueber die Zersetzung, welche das zweite Schwefelsäurehydrat (HS) durch die Wärme erleidet; von H. Hefs in St. Petersburg. 652

II. *Von den Combinationstönen;*
von Gustav Gabriel Hällström *).

Wie bewundernswürdig auch der künstliche Bau des menschlichen Ohrs bei näherer Betrachtung erscheinen mag, so erregt es doch nicht weniger Erstaunen, wenn man die mannigfaltige und streng gesetzmäfsige Bewegungsweise der elastischen Körper, beim Tönen wie beim Schallleiten, untersucht, und dabei erwägt, dafs wir alle diese so verschiedenartigen und oft sehr zarten Modificationen mit unsern Ohren wahrzunehmen im Stande sind. Auch ist es nicht ohne Schwierigkeit vollständig zu erklären, wie nicht blofs die so bewegliche Luft, sondern selbst die härtesten unter den starren Körpern nicht allein verworrene, sondern sogar articulirte und musicalische Töne fortzupflanzen vermögen, und zwar jeden einzeln für sich, so dafs, ohne eine Verschmelzung mehrerer zu

*) Schon vor zwölf Jahren habe ich in Form einer academischen Dissertation einen Aufsatz über die *Combinationstöne* (*De tonis combinationis. Aboae* 1819, *p.* 44, in 4.), herausgegeben, und darin die Theorie derselben, so wie die vorzüglichsten der zu deren Bestätigung dienenden Beobachtungen auseinandergesetzt. Bei Gelegenheit dessen, was vor längerer Zeit von W. Weber in Poggendorff's Annalen, Bd. XV (91) S. 216, bekannt gemacht worden ist, habe ich dieses schon in Vergessenheit gerathene Werkchen wieder durchblättert, um zu sehen, ob es noch Etwas zur Erläuterung dieses Gegenstandes enthalte. Da es mir geschienen hat, als sey es noch jetzt der Beachtung der Physiker vielleicht nicht unwerth, so unterwerfe ich es, mit wenigen Zusätzen versehen, hier bescheiden ihrem Urtheile, zufrieden, wenn es entweder unmittelbar oder mittelbar, indem es Anderen Gelegenheit giebt, den Gegenstand erschöpfend zu behandeln, der Wissenschaft einigen Nutzen leiste. Vorzüglich aber möchte ich die Sache den berühmten Verfassern der „*Wellenlehre*“ empfehlen, denen wir so Vieles über die Theorie der Oscillationen flüssiger Körper verdanken.

einem, oder eine Störung eines durch mehrere, aus dem Zusammenklingen aller eine musicalische Harmonie entstehen und von uns gehört werden könne.

Bei so bewandten Umständen wird es Keinem Wunder nehmen, dafs die Naturforscher getheilter Meinung über diesen Gegenstand gewesen sind. Hieher gehört der Streit zwischen den englischen Physikern Young und Gough über verschiedene zur Theorie des Schalls gehörige Punkte, welchen Vieth, mit einigen Zusätzen versehen, in Gilbert's Annalen (1805) Bd. XXI, S. 265, summarisch dargestellt hat. Dieser Streit betrifft hauptsächlich die sonderbare Erscheinung, dafs, wenn zwei Töne, die nicht im Einklang stehen, gleichzeitig angestimmt werden, oft ein dritter tieferer gehört wird, welcher von den Engländern *tiefer harmonischer Ton*, von Vieth aber, dem ich darin in diesem Aufsatz folgen werde, *Combinationston* genannt worden ist. Es ist dabei unter Anderem darüber gestritten worden, ob der Combinationston durch die Bewegung der den Schall fortpflanzenden Luft mechanisch hervorgebracht werde, wie Young mit den älteren Physikern behauptet, oder ob er seinen Ursprung dem Spiel der Einbildungskraft verdanke, welche Meinung Gough zu vertheidigen scheint, indefs mit Gründen, die meines Erachtens von der Art sind, dafs Niemand, der über diese Klasse von Erscheinungen reiflich nachgedacht hat, hinsichtlich derselben in Zweifel bleiben kann. Wenn gleich ich nun keineswegs behaupten will, dafs die Theorie, durch welche man die Combinationstöne zu erklären pflegt, ganz irrig sey, so kann man doch, wenn man sie auf dem Wege des Experiments untersucht, und dabei auf Erscheinungen stöfst, zu deren Erklärung dieselbe für sich allein unzulänglich ist, nicht anstehen, sie als mangelhaft zu bezeichnen.

Wenn zwei Körper gleichzeitig ertönen, und die Zahl der in einer Secunde vollbrachten Schwingungen bei dem einen r, und bei dem andern s ist, welche Zahlen dem-

nach die entstandenen Töne bedingen, so dafs der eine r und der andere s genannt werden kann, so ist klar, dafs das Ohr, zu welchem diese Töne mittelst der Luft fortgepflanzt werden, von geringerer Kraft ergriffen wird, wenn es die Impulse zu verschiedenen Zeiten empfängt, von stärkerer aber, wenn es sie gleichzeitig bekommt. Nehmen wir r=s, so wird diese ungleiche Erregung des Ohrs nicht beobachtet, entweder weil in diesem Fall die beiden Körper ihre Schwingungen gleichzeitig anfangen, wodurch dann auch die Pulsationen dieser Körper der Reihe nach zugleich vollbracht werden und im Ohr anlangen, oder auch, wenn der Anfang der Schwingungen nicht gleichzeitig ist, weil die Pulsationen beider Körper sich dann niemals erreichen, wodurch dann immer ein und dasselbe gehört wird. Nehmen wir aber wie zuvor r und s ungleich an, so werden die Impulse, in wie ungleicher Zeit sie auch anfingen, sich doch nach einiger Zeit erreichen, und allemal, wenn diefs geschieht, wird das Ohr stärker angegriffen werden, und daher, während des Tönens, Schläge in gewisser Ordnung hören, welche, wenn sie einander nicht sehr rasch folgen, einzeln wahrgenommen und gezählt werden können, bei schneller Aufeinanderfolge aber so auf das Ohr wirken, wie wenn, aufser den beiden gegebenen Körpern, noch ein dritter seine Pulsationen in dasselbe schickte, und solchergestalt die Empfindung eines dritten Tons hervorbringen, d. h. des Combinationstons, der in der That aus der Verbindung beider Töne entsprungen ist.

Was die Bestimmung der Zahl dieser Schläge betrifft, so hat man im Allgemeinen bemerkt, dafs wenn r und s Primzahlen zu einander sind, die Pulsationen das Ohr in jeder Secunde einmal gleichzeitig afficiren, wodurch dann zu derselben Zeit ein Schlag gehört wird. Eben so wird angegeben, dafs wenn r und s ganze Zahlen zu gemeinschaftlichen Factoren haben, so viel Schläge gehört werden, als der gröfste Factor q Einhei-

ten enthält, so dafs demnach q die Zahl der Schläge oder den Combinationston bestimme. Diefs kommt mit dem überein, was Dr. Brewster in der *Edinburgh Encyclopaedia, Vol. X, Art. Harmonics, p.* 641, angiebt. Sind nämlich die Oscillationen, welche in einer Secunde vollbracht werden, r und s, und stehen sie in dem Verhältnifs a : b, so wird daselbst angegeben, die Zahl der Schläge oder der Oscillationen des Combinationstons sey $= \frac{r}{a} = \frac{s}{b}$, und aus dieser Theorie die Reihe der Combinationstöne durch die ganze Octave hindurch abgeleitet.

Diefs ist nun freilich so klar, dafs es scheint, als könne kein Zweifel darüber obwalten; nichts destoweniger zeigt sich, wenn man den Gegenstand auf dem Wege des Experimentes prüft, dafs diese Theorie nicht alle Erscheinungen der Combinationstöne zu erklären vermag, und dafs sie vielmehr einer weiteren Ausbildung bedarf. Die Untersuchung dieses Gegenstandes auf dem Wege der Erfahrung läfst sich meines Erachtens auf doppelte Weise anstellen, nämlich erstens, indem man die innerhalb einer Secunde erfolgenden Schläge zählt, falls sie dazu langsam genug auf einander folgen, oder zweitens, indem man den Ton, der aus zwei hinreichend hohen Tönen entspringt, beobachtet. Es wird dabei dem aufmerksamen Beobachter nicht entgehen, dafs die Continuität, welche man in der Zahl der in einem gewissen Zeitraum erfolgenden Schläge wahrnimmt, von der erwähnten Theorie nicht erklärt werden könne, sondern dafs sie derselben ganz widerspreche. Es lehrt nämlich die Erfahrung, dafs wenn zwei Töne, die anfangs im Einklang stehen, stufenweis immer mehr aus einander weichen, auch die Geschwindigkeit der Schläge ununterbrochen wächst, ohne dafs dabei ein Sprung zu bemerken wäre. Nach der erwähnten Theorie aber müfsten die Schläge zuweilen schneller, darauf zu gewissen Zeiten wieder langsamer, und dann abermals schneller auf ein-

ander folgen; langsamer nämlich, wenn die Zahl der Oscillationen, welche diese Töne erzeugen, Primzahlen zu einander sind, rascher aber nothwendig, wenn sie einen gemeinschaftlichen Divisor besitzen. So werden die Töne, für welche die Oscillationszahlen $2r$ und $2r+1$ sind, beim gleichzeitigen Anstimmen nicht mehr als einen einzigen Schlag in der Secunde erzeugen. Sobald aber durch eine kleine Veränderung der Töne die Oscillationszahlen $2r$ und $2r+2$ werden, folglich einen gemeinschaftlichen Divisor bekommen, müfste nach der Theorie eine wenigstens doppelt so grofse Zahl von Schlägen entstehen, wogegen aber die Erfahrung lehrt, dafs diese, wenn auch schon ein Ton hörbar ist, nicht plötzlich und sprungweise, sondern allmälig und stufenweise wächst. Nach der Theorie müfsten ferner Töne, die sehr in der Höhe von einander abweichen, sobald die Zahlen r und s nur Primzahlen zu einander sind, wenig Schläge hervorbringen, und dennoch ist diefs nur der Fall, wenn r und s von beinah gleicher Gröfse sind, sonst aber wird ein deutlicher Combinationston gehört.

Diefs wird vorzüglich durch die Combinationen solcher Töne erläutert, deren gegenseitiges Verhältnifs temperirt zu werden pflegt. Das wahre Verhältnifs der Töne $\overline{c}$ und $\overline{a}$ wird z. B. oft wie das 3:5 genommen; andere Betrachtungen dagegen verlangen das Verhältnifs 16 : 27, welches jedoch von Einigen durch Temperiren in das Verhältnifs 161 : 270 umgewandelt zu werden pflegt. Nimmt man nun den Ton $\overline{c} = 512$, und wendet das Verhältnifs 3 : 5 an, wodurch also $\overline{a} = 833\frac{1}{3}$ wird, so entsteht aus der Consonanz beider Töne, gemäfs der angeführten Regel, der Combinationston:

$$= \frac{512}{3} = \frac{833\frac{1}{3}}{5} = 170\frac{2}{3} = \text{F}.$$

Dagegen aber giebt das Verhältnifs 16:27 nach derselben

Theorie $\overline{a} = 864$ und den Combinationston $= \frac{512}{16} = \frac{864}{27}$ $= 32 = \underline{\underline{C}}$, und das Verhältnifs 161 : 270 liefert $\overline{a} = 858{,}6$ und den Combinationston $= 3{,}2$. Die Einfachheit der Natur und ihrer Gesetze gestattet nicht, dafs solche Sprünge aus einer sonst kaum merklichen Veränderung hervorgehen, und diefs spricht daher desto zuverlässiger gegen die allgemeine Zulässigkeit dieser Theorie, als die Erfahrung unzweifelhaft beweist, dafs die Töne $\overline{c}$ und $\overline{a}$ den Combinationston f hervorbringen, wie leicht zu hören, aber aus dieser Theorie nicht zu beweisen ist. Zwar wird behauptet, dafs das verwickeltere Verhältnifs 161 : 270 in ähnlichen Fällen wie dieser nicht anwendbar sey, sondern dafs statt dessen das einfachere, wenn gleich approximative, z. B. 3 : 5, oder 31 : 52, oder 65 : 109, genommen werden müsse, welche durch Kettenbrüche zu findende Verhältnisse (Siehe Weber in Poggend. Ann. Bd. XV (91) S. 219) respective die Combinationstöne oder Schlägezahl: 170,7 (171,7), 16,5 und 7,9 geben. Hinge es demnach von unserem Gutdünken ab, welchen Werth wir zu nehmen hätten? Gewifs wäre diefs nicht naturgemäfs. Alle diese Schwierigkeiten verschwinden aber, wenn wir die Sache auf folgende sehr einfache Weise betrachten.

Es seyen, wie vorhin, r und s die Oscillationsmengen der gleichzeitig angestimmten Töne, und x die Oscillationsanzahl des zugehörigen Combinationstons, so erhellt leicht, dafs in derselben Zeit $\frac{1}{x}$, in der eine einzige Oscillation dieses Combinationstons vollbracht wird, die tönenden Körper respective $\frac{r}{x}$ und $\frac{s}{x}$ Oscillationen machen. Diese aber, wenn aus ihrem Zusammenklingen eine einzige Pulsation hervorgehen soll, müssen nothwen-

digerweise in solchem Verhältnifs stehen, dafs die Zahl $\frac{s}{x}$ um eine Einheit die Zahl $\frac{r}{x}$ übertrifft, so dafs für die Zeit $\frac{1}{x}$ ist: $\frac{s}{x}=\frac{r}{x}+1$, wodurch man für eine Secunde hat $x=s-r$. Sobald also die zugleich erklingenden Töne r und s mit ihren Combinationszahlen gegeben sind, ist es sehr leicht ihren Oscillationston $s-r$ aufzufinden, welcher indefs nur als der vorzüglichste oder erste unter mehreren ähnlichen betrachtet werden mufs. Auf ähnliche Weise bringt nämlich der bereits erzeugte Oscillationston mit dem gleichzeitig erklingenden Ton r einen zweiten Oscillationston hervor, dieser mit s einen dritten, und mit dem ersten einen vierten und so fort, welche Töne indefs nicht immer von solcher Stärke sind, dafs sie in Wirklichkeit alle gehört werden könnten. Aus dieser Theorie ist daher leicht ersichtlich, dafs man für die Combinationstöne folgendes Schema haben müsse:

Ursprüngliche Töne.	Combinationstöne.
r, s	s—r erster
s—r, r	2r—s. zweiter
2r—s, s	2(s—r) dritter
2r—s, s—r	3r—2s vierter
u. s. w.	u. s. w.

Hieraus erhellt, dafs der Combinationston nicht immer und nothwendig tiefer sey, als die ursprünglichen Töne r und s, von deren Verhältnifs seine Tonhöhe abhängt. Diefs Verhältnifs bestimmt auch die Zahl der Combinationstöne, die nicht, wie man wohl glauben könnte, unbegränzt, sondern begränzt ist, so dafs für einen gegebenen Fall in Wirklichkeit nicht mehr als einer, oder zwei, oder drei u. s. w. solcher Töne erzeugt werden.

So

So z. B. haben

die gleichzeitig angestimmten Töne	nicht mehr Combinationstöne als:
$\overline{c}$, $\overline{g}$	einen
$\overline{e}$, $\overline{h}$	
$\overline{d}$, $\overline{g}$	zwei
$\overline{c}$, $\overline{f}$	
$\overline{c}$, $\overline{e}$	drei
$\overline{d}$, $\overline{f\#}$	
$\overline{d}$, $\overline{h}$	
$\overline{e}$, $\overline{g}$	vier
u. s. w.	u. s. w.

Diese Theorie ist so einfach, dafs sie dadurch fast verdächtig wird. Bevor ich ihr daher volles Zutrauen schenkte, habe ich sie der strengen Probe des Experimentes unterworfen.

Zur Beobachtung der Schläge der Töne bediente ich mich der vortrefflichen Orgel, in der, leider späterhin durch die Feuersbrunst zerstörten Hauptkirche von Åbo, und zwar wählte ich diejenige Octave, welche mit $\overline{C}$ (dem 16füfsigen C) anfängt, und die sogenannten Contratöne enthält. Aus ihr liefs ich je zwei an einander liegende Töne zugleich anstimmen, welche sämmtlich sehr deutlich vernehmbare Schläge lieferten. Zum Zählen der Schläge wandte ich eine Tertienuhr an, und mit derselben beobachtete ich die Zeit von zehn entweder einfachen oder doppelten Schlägen, je nachdem es für die Beobachtung bequemer war.

Die Resultate sind in folgender Tafel enthalten. Es bedeutet darin ε den wahrscheinlichen Fehler jeder einzelnen Beobachtung, (ε) den des Mittelwerths aus ihnen, und $[\varepsilon]$ den in der Zahl der Schläge.

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 einf. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
C, C#	2″ 55‴	3,35
	56	[ε] = 0,02
	66	
	56	
	57	
	58	
	66	
	57	
	64	
	56	
Mittel	= 2″ 59‴,1	
ε	= 2‴,974	
(ε)	= 0‴,940	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 einf. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
C#, D	2″ 14‴	4,49
	16	[ε] = 0,01
	12	
	13	
	13	
	10	
	14	
	15	
	11	
	17	
Mittel	= 2″ 13‴,5	
ε	= 1‴,466	
(ε)	= 0‴,464	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 dpp. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
D, D#	4″ 55‴	4,08
	61	[ε] = 0,01
	46	
	53	
	59	
	55	
	52	
	57	
	54	
	55	
Mittel	= 4″ 54‴,7	
ε	= 2‴,753	
(ε)	= 0‴,871	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 einf. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
D#, E	2″ 0‴	4,95
	1 59	[ε] = 0,01
	1 57	
	1 58	
	2 2	
	2	
	2	
	7	
	4	
	1	
Mittel	= 2″ 1‴,2	
ε	= 1‴,980	
(ε)	= 0‴,626	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 einf. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
E, F	1″55	5,20
	56	[ε] = 0,01
	53	
	52	
	55	
	58	
	58	
	56	
	56	
	54	
Mittel	= 1″55‴,3	
ε	= 1‴,313	
(ε)	= 0‴,415	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 einf. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
F, F#	3″63‴	5,04
	51	[ε] = 0,03
	50	
	62	
	62	
	57	
	57	
	66	
	53	
	59	
Mittel	= 3″58‴,0	
ε	= 3‴,640	
(ε)	= 1‴,151	

Angestimmte Töne.	Zeit v 10 dpp. Schläg.	Zahl von doppelten Schlägen in 1″.
F#, G	2 66‴	6,78
	60	[ε] = 0,04
	63	
	52	
	52	
	58	
	52	
	53	
	56	
	59	
Mittel	= 2″57‴,1	
ε	= 3‴,357	
(ε)	= 1‴,061	

Angestimmte Töne.	Zeit v 10 dpp. Schläg.	Zahl von doppelten Schlägen in 1″.
G, G#	4″ 4‴	4,92
	5	[ε] = 0,01
	6	
	4	
	3	
	6	
	4	
	5	
	0	
	4	
Mittel	= 4″4‴,1	
ε	= 1‴,166	
(ε)	= 0‴,369	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 dpp. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
G♯, A	3″ 12‴	6,14
	11	[ε] = 0,03
	11	
	14	
	19	
	11	
	17	
	21	
	20	
	19	
Mittel	= 3″ 15‴,5	
ε	= 2‴,776	
(ε)	= 0‴,878	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 dpp. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
A, B	2″ 63‴	6,71
	56	[ε] = 0,04
	54	
	55	
	61	
	52	
	50	
	61	
	59	
	64	
	61	
	63	
	66	
Mittel	= 2″ 58‴,8	
ε	= 3‴,359	
(ε)	= 0‴,932	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 dpp. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
B, H	2″ 60‴	6,75
	52	[ε] = 0,04
	52	
	55	
	61	
	57	
	52	
	63	
	60	
	65	
Mittel	= 2″ 57‴,7	
ε	= 3‴,243	
(ε)	= 1‴,025	

Angestimmte Töne.	Zeit v. 10 dpp. Schläg.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
H, C	2″ 2‴	8,79
	23	[ε] = 0,09
	11	
	16	
	19	
	17	
	14	
	24	
	21	
	18	
Mittel	= 2″ 16‴,5	
ε	= 4‴,351	
(ε)	= 1‴,375	

Angestimmte Töne.	Zeit von 10 doppelten Schlägen.	Zahl der einfachen Schläge in 1″.
C, H	2″ 25‴	8,26
	29	[ε] = 0,04
	26	
	23	
	26	
	20	
	28	
	31	
	21	
	29	
	22	
	24	
Mittel	2″ 25‴,3	

ε = 2‴,343
(ε) = 0‴,676

Um diese Beobachtungen zu vorliegendem Zweck richtig gebrauchen zu können, ist es nöthig, die absolute Zahl der Oscillationen eines jeden Tons zu kennen. Wie bekannt setzt Euler diese Zahl für das 32füfsige C, d. h. für $\underline{\underline{C}} = 32$, wonach sie also für den von uns angewandten Ton $\underline{C} = 64$ wäre. Sachkundige wissen indefs, dafs diese Bestimmung nicht leicht mit Genauigkeit zu bewerkstelligen ist, und dafs daher die Ergebnisse derselben nur als angenäherte zu betrachten sind. Für nicht hinlänglich genau halte ich daher auch den Werth C = 70, welchen mir das Tonometer von Chladni (Akustik, S. 35) lieferte, um so mehr, als derjenige, welchen ich durch das folgende Verfahren ermittelte, der genaueste von allen zu seyn scheint, und zugleich die hier aufgestellte Theorie bestätigt. Wenn nämlich die Zahl der Schläge, welche die zugleich angestimmten Töne hervorbringen, gleich ist der Differenz zwischen den Oscillationszahlen dieser Töne, so wird die Summe aller Schläge in der ganzen Octave von $\underline{C}$ bis C gleich seyn dem Unterschiede der Oscilla-

tionszahlen $\underline{C}-C$, woraus, wenn nur die Töne $\underline{C}$ und C richtig gestimmt sind, welche Bedingung sich unter allen am genausten erfüllen läfst, hervorgeht, dafs $C-\underline{C} = \frac{1}{2} C = \underline{C}$ = Summe aller Schläge. Auf diese Weise liefern die angeführten Versuche den Werth $\underline{C}=67{,}2$, welcher zwischen den genäherten Werthen 64 und 70, deren vorhin erwähnt wurde, das Mittel hält, und auch mit der Bemerkung der Musiker übereinstimmt, dafs gewöhnlich die Kirchentöne respective höher seyen, als die eines jeden anderen musicalischen Instruments. Nach demselben Grundsatz läfst sich ferner nicht blofs die Oscillationszahl eines jeden Tons durch Addition der aus der Zahl der Schläge bestimmten Differenz zu der Oscillationszahl des vorhergehenden Tons bestimmen; sondern auch das Verhältnifs der Töne, d. h. die musicalische Temperatur der angewandten Orgel.

Bekanntlich sind im Laufe der Zeit verschiedene musicalische Temperaturen vorgeschlagen; unter diesen sagt diejenige, welche man Kirnbergern verdankt, meinen nicht ungeübten Ohren am meisten zu, wiewohl sie Vielen, vielleicht mehr aus theoretischen als aus practischen Gründen, nicht gefällt (Chladni, Akustik, S. 55). Da ich beim Experimentiren die von mir angewandte Orgel ganz gut gestimmt fand, so habe ich geglaubt, dafs sie am besten auf die Kirnbergische Temperatur zu beziehen wäre, und am nächsten mit ihr übereinkäme. Ich habe es daher für nützlich erachtet, diese Temperatur bei dem Vergleiche der Beobachtungen mit der angenommenen Theorie für das Folgende zum Grunde zu legen. So ist denn die nachstehende Tafel entstanden.

Zur Seite 451 gehörig.

Töne.	I. Zahl der Schläge beobachtet.	II. Zahl der Oscillationen nach der Theorie.	III Temperatur der Orgel.	IV. Kirnbergers Temperatur.	V. Zahl der Oscillationen nach Kirnbergers Temperatur.	VI. Zahl der Schläge nach Kirnbergers Temperatur.	VII. Differenz zwischen III und IV.	VIII. Differenz zwischen I und VI.	IX. Zahl der Schläge aus Kirnbergers Temp. nach d. alt. Theorie abgeleitet.	X. Zahl der Schläge nach Kirnbergers Temperatur approximativ bestimmt.
C		67,20	1,000	1=1,000	67,20					
C#	3,35	70,55	1,050	$\frac{2}{2}\frac{5}{4}\frac{6}{3}$=1,054	70,80	3,60	+0,004	+0,25	0,26	3,73 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 3,54 ($\frac{2}{1}\frac{0}{9}$); 1,20 ($\frac{5}{5}\frac{9}{6}$).
D	4,49	75,04	1,117	$\frac{9}{8}$=1,125	75,60	4,80	+0,008	+0,31	0,03	5,06 ($\frac{1}{1}\frac{5}{4}$); 4,72 ($\frac{1}{1}\frac{6}{5}$); 1,61 ($\frac{4}{4}\frac{7}{4}$).
D#	4,08	79,12	1,177	$\frac{3}{2}\frac{2}{7}$=1,185	79,64	4,04	+0,008	—0,04	0,31	4,20 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 3,98 ($\frac{2}{1}\frac{0}{9}$); 1,35 ($\frac{5}{5}\frac{9}{6}$).
E	4,95	84,07	1,251	$\frac{5}{4}$=1,250	84,00	4,36	—0,001	—0,59	0,62	4,42 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 1,45 ($\frac{5}{5}\frac{8}{5}$).
F	5,20	89,27	1,328	$\frac{4}{3}$=1,333	89,60	5,60	+0,005	+0,40	5,60	
F#	5,04	94,31	1,403	$\frac{4}{3}\frac{5}{2}$=1,406	94,50	4,90	+0,003	—0,14	0,70	4,98 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 1,63 ($\frac{5}{3}\frac{8}{5}$).
G	6,78	101,09	1,504	$\frac{3}{2}$=1,500	100,80	6,30	—0,004	—0,48	6,30	
G#	4,92	106,01	1,578	$\frac{1}{8}\frac{2}{1}\frac{8}{1}$=1,580	106,20	5,40	+0,002	+0,48	0,40	5,60 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 3,54 ($\frac{2}{1}\frac{0}{9}$); 1,20 ($\frac{5}{5}\frac{9}{6}$).
A	6,14	112,15	1,669	$\frac{2}{1}\frac{7}{6}\frac{0}{1}$=1,677	112,70	6,50	+0,008	+0,36	0,00	6,64 ($\frac{1}{1}\frac{7}{6}$); 2,16 ($\frac{5}{4}\frac{2}{9}$).
B	6,71	118,86	1,769	$\frac{1}{9}^{6}$=1,778	119,50	6,80	+0,009	+0,09	0,09	7,04 ($\frac{1}{1}\frac{7}{6}$); 6,63 ($\frac{1}{1}\frac{8}{7}$); 3,41 ($\frac{3}{3}\frac{5}{3}$).
H	6,75	125,61	1,869	$\frac{1}{8}^{5}$=1,875	126,00	6,50	+0,006	—0,25	0,93	6,64 ($\frac{1}{1}\frac{9}{8}$); 2,06 ($\frac{5}{5}\frac{8}{5}$).
C	8,79	134,40	2,000	2=2,000	134,40	8,40		—0,39	8,40	

Summa =67,20 = C.

Summa =67,20.

In dieser enthält Kolumne I die Zahl der beobachteten Schläge und deren Summe, d. h. den Werth oder die Oscillationszahl des Tones C, welche, wie Kolumne II zeigt, durch Addition der respectiven Schlägezahl die Werthe der übrigen Töne liefert. So ist nämlich C# =67,20+3,35=70,55; D=70,55+4,49=75,04 u. s. w. Die in der Kolumne III berechnete Temperatur der Orgel entsteht dadurch, dafs man successiv eine jede Oscillationszahl durch die Oscillationszahl des Tons C dividirt. Des Vergleiches halber sind in Kolumne IV dieselben Werthe nach der Kirnberger'schen Temperatur aufgeführt, und in Kolumne V die sich daraus mit dem aufgefundenen Werth C=67,20 ergebenden Oscillationszahlen. Die Werthe der Columne VII zeigen, wie nahe die aufgefundene Temperatur der Orgel mit der Kirnberger'schen Temperatur übereinstimmt, gewifs viel genauer, als dafs mit den Ohren, selbst den geübtesten, ein Unterschied wahrgenommen werden könnte, was schon zur Bestätigung der angeführten Theorie von nicht geringer Bedeutung ist. Die Werthe der Kolumne VI sind nach der neuen Theorie berechnet, nämlich durch Subtraction eines jeden Werthes der Kolumne V von dem ihm zunächstfolgenden. Der Vergleich der so berechneten Schläge mit den beobachteten Schlägen in Kolumne I, welcher in Kolumne VIII enthalten ist, zeigt die Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung. Wahr ist's freilich, dafs die Unterschiede in Kolumne VIII viel gröfser sind, als die vorhin bestimmten wahrscheinlichen Fehler der Werthe in Kolumne I; allein diefs ist nicht der empirischen oder theoretischen Bestimmung der Zahl der Schläge zuzuschreiben, sondern vielmehr einer geringen Differenz zwischen der Temperatur der Orgel und der vorausgesetzten Kirnberger'schen. Es ist nämlich zu bemerken, dafs wir eine kleine Abweichung von der genauen Stimmung, welche wir dem Instrumente geben wollen, nicht

mit unseren Ohren wahrnehmen können, dafs dieselbe aber in der Zahl der Schläge, wie es hier der Fall ist, eine leicht bemerkbare Veränderung hervorbringt, wenn auch die Differenz zwischen den in Kolumne II und V bestimmten Oscillationen kaum bis zur Hälfte der Einheit steigt. Ich wüfste fürwahr auch, aufser jener der Schläge, keine Methode, wodurch eine solche Uebereinstimmung erreicht oder entdeckt werden könnte.

Der weiteren Erläuterung halber habe ich die Kolumnen IX und X hinzugefügt. Erstere enthält die Zahl der Schläge, nach der alten und gewöhnlichen Methode aus den Kirnberger'schen Werthen der Oscillationen berechnet, und die letztere dieselbe Bestimmung, wie sie sich ergiebt, wenn man, nach der Bemerkung des Prof. Weber (Poggendorff's Annalen, Bd. XV (91) S. 219), die verwickelteren Tonverhältnisse mit Hülfe der Kettenbrüche auf genäherte einfachere zurückführt. So z. B. haben wir für das Verhältnifs C# zu C:

$$\tfrac{256}{243} = 1 + \tfrac{1}{18} + \tfrac{1}{1} + 1 + \tfrac{1}{4}$$

die genäherten Werthe:

$$\tfrac{19}{18},\ \tfrac{20}{19} \text{ und } \tfrac{59}{56},$$

wonach die Zahl der Schläge:

für den Werth $\tfrac{19}{18} = \tfrac{67,2}{18} = \tfrac{70,8}{19} = 3{,}73;$

$\tfrac{20}{19} = \tfrac{67,2}{19} = \tfrac{70,8}{20} = 3{,}54;$

$\tfrac{59}{56} = \tfrac{67,2}{59} = \tfrac{70,8}{56} = 1{,}20,$

was in der Tafel folgendermafsen ausgedrückt ist:

3,73 $(\tfrac{19}{18})$; 3,54 $(\tfrac{20}{19})$; 1,20 $(\tfrac{59}{56})$,

und eben so auch für die übrigen Angaben zu verstehen ist.

Hieraus erhellt, dafs gleichwie das wahre Verhältnifs der zugleich angestimmten Töne zwischen zwei einander folgenden angenäherten Werthen liegt, eben so auch der wahre Werth der Schlägezahl zwischen zwei so gefundenen angenäherten enthalten ist. Es findet jedoch hiebei die Wechselseitigkeit statt, dafs, je unge-

nauer der Werth der Schlägezahl, das Verhältnifs der Töne, sobald es nur in den kleinsten Zahlen ausgedrückt ist, sich desto mehr dem wahren nähert, was indefs dieser Methode wenig zur Empfehlung dient. Im Allgemeinen ergiebt sich also, dafs die gewöhnliche Methode zur Bestimmung der Schläge häufig nur annähernd sey, die neue directe aber, welche durch den Vergleich mit jener und der Erfahrung auf's Beste bestätigt wird, einfacher und schneller zum Ziele führend.

Ich habe noch Einiges über die Beobachtung der Schläge hinzuzusetzen, welche durch gleichzeitige Anstimmung der Töne $\underline{C}$ und $\underline{H}$ hervorgebracht wurden. Da die Differenz zwischen diesen Tönen, nämlich 125,1 — 67,20 = 58,41 schon grofs ist, so erwartete ich den Combinationston $\underline{\underline{B}}$, d. h. den ersten dieser Verbindung, zu hören. Wegen des Geräusches der beiden combinirten Töne konnte ich diesen nicht hören, wohl aber beobachtete ich statt seiner sehr deutlich 8,26 starke Schläge in der Secunde. Es erzeugt nämlich der erste Combinationston mit dem ursprünglichen Ton $\underline{C}$, den zweiten Combinationston, oder $67{,}20 - 58{,}41 = 8{,}79$ Schläge, welche Zahl von der beobachteten nur um $\frac{1}{16}$ abweicht. Nach der alten Methode haben wir dagegen für diesen Fall:

$$\frac{125{,}1}{67{,}20} = 1 + \frac{1}{1} + \frac{1}{6} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{4} \text{ u. s. w.}$$

und daraus die approximativen Werthe:

$$2,\ \tfrac{13}{7},\ \tfrac{15}{8},\ \tfrac{16}{9},\ \tfrac{43}{23} \text{ u. s. w.},$$

welche, nach der vorhin angewandten Bezeichnung, folgende Combinationstöne oder Schlägezahl liefern:

67,20 $(\frac{2}{1})$; 9,60 $(\frac{13}{7})$; 8,40 $(\frac{15}{8})$; 7,47 $(\frac{16}{9})$; 2,92 $(\frac{43}{23})$ u. s. w.

Der erste berechnete Combinationston ist demnach zwischen dem ersten und zweiten Werth 67,20 und 9,60 enthalten, der zweite berechnete zwischen den zweiten

und dritten Werth 9,60 und 8,40, und der zweite beobachtete zwischen dem dritten und vierten 8,40 und 7,47, was Alles mich überzeugt, dafs diese annähernde Berechnungsmethode, wie schon vorhin gesagt, oft nur zweifelhafte Resultate giebt.

Ich habe nun noch die von mir über wirklich erzeugte Combinationstöne angestellten Beobachtungen aus einander zu setzen, nebst der Rechnung, welche zeigt, wie man diese Töne aus der Theorie herleiten und bestimmen könne. Zur Hervorbringung derselben habe ich mich einer Violine bedient; und die Rechnung nach den Kirnberger'schen Tonverhältnissen angestellt, welche, nebst der absoluten Oscillationszahl eines jeden Tons für die Secunde, ich hier hersetze, da es bequem seyn wird, sie bei der Hand zu haben. Da es aber unnöthig ist, dafs man ein gewisses und gegebenes musicalisches Instrument betrachte, so ist es erlaubt, eine solche Zahlenreihe zu wählen, bei der die Brüche möglichst vermieden werden. Deshalb habe ich, statt des vorhin angewandten Verhältnisses $\underline{C}=67{,}2$, für zweckmäfsig erachtet mit Chladni, und vielen Anderen, $\underline{C}=64$ oder $\overline{c}=512$, und so die übrigen Töne zu nehmen. Dadurch haben wir:

Töne.	Verhältnifs.	Anzahl d. Oscillat.	Töne.	Verhältnifs.	Anzahl d. Oscillat.
$\overline{c}$	1	512	$\overline{f}\#$	45 : 32	720
$\overline{c}\#$	256 : 243	539,4	$\overline{g}$	3 : 2	768
$\overline{d}$	9 : 8	576	$\overline{g}\#$	128 : 81	809,1
$\overline{d}\#$	32 : 27	606,8	$\overline{a}$	270 : 161	858,6
$\overline{e}$	5 : 4	640	$\overline{b}$	16 : 9	910,2
$\overline{f}$	4 ; 3	682,7	$\overline{h}$	15 : 8	960

Die folgende Tafel enthält die Beobachtungen selbst.

Angestimmte Töne.	beobachtet.	Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.		Combinationstöne nach der alten Theorie.	
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{c\#}}$		54,8	$=\overline{\overline{A}}$	56,8	$(\frac{19}{18})$; 53,4 $(\frac{20}{19})$; 18,2 $(\frac{59}{56})$.
		1t. C	$=128$		
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{d}}$	$\overline{e}$ $=640$	2t. $\overline{a}$	$+=896$	128.	Diese beiden Beobachtungen zeigen, dafs beide Töne a und $\overline{e}$ aus der Combination der Töne c und d entstehen, wenn gleich im ersten Fall nur $\overline{e}$, und im letzteren nur a+ gehört werden kann.
		3t. $\overline{c}$	$=256$		
		4t. $\overline{e}$	$=640$		
		1t. C	$=64$		
$\overline{c}$, $\overline{d}$	a $+=429{,}3+$	2t. a	$+=448$	64.	
		3t. C	$=128$		
		4t. e	$=320$		
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{d}}\#$	$\overline{g}\#+=809{,}1+$	1t. G	$-=189{,}6$	205	$(\frac{6}{5})$; 93 $(\frac{13}{11})$; 37,8 $(\frac{32}{27})$.
		2t. $\overline{g}\#$	$+=834{,}4$		

Angestimmte Töne.	Combinationstöne beobachtet.	Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.	Combinationstöne nach der alten Theorie.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{e}}$	1t. $\overline{g}$ =768 2t. $\overline{c}$ =512	1t. c =256 2t. $\overline{g}$ =768 3t. $\overline{c}$ =512	256 $\overline{c}$ wurde schwächer, $\overline{g}$ stärker gehört, gerade umgekehrt, wie ich aus des ersteren Consonanz mit c erwartete.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{f}}$	$\overline{f}$ =682,7	1t. f =341,4 2t. $\overline{f}$ =682,6	341,4 $\overline{f}$ gut hörbar, f nur sehr schwach, mehr nicht.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{f}}$#	$\overline{d}$# =606,8	1t. a —=416 2t. $\overline{d}$# =608	512 ($\frac{3}{2}$); 341,4 ($\frac{4}{3}$); 32 ($\frac{4}{3}\frac{5}{2}$). Deutlich $\overline{d}$#.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{g}}$	- - - - -	$\overline{c}$ =512	512 nur $\overline{c}$ möglich, nicht leicht von $\overline{\overline{c}}$ unterscheidbar.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{g}}$#	$\overline{d}$# —=606,8—	$\overline{d}$# —=594,2	1024 ($\frac{2}{1}$); 512 ($\frac{3}{2}$); 204 ($\frac{8}{5}$); 146 ($\frac{11}{7}$); deutlich $\overline{d}$# —.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{a}}$	$\overline{f}$ +=682,7+	$\overline{f}$ +=693,2	1024 ($\frac{2}{1}$); 341,4 ($\frac{5}{3}$); 33 ($\frac{5}{3}\frac{2}{1}$); 15,8 ($\frac{10}{6}\frac{9}{5}$). Hinreichend deutlich.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{b}}$	$\overline{g}$ +=768 +	1t. $\overline{g}$ +=796,4 2t. B =227,6	1024 ($\frac{2}{1}$); 256 ($\frac{7}{4}$); 113,8 ($\frac{16}{9}$). $\overline{g}$ deutlich, wenn gleich wegen des murmelnd. B rauh.

Angestimmte Töne.	Combinationstöne beobachtet.		Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.		Combinationstöne nach der alten Theorie.
$\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{h}}$	$\overline{g}$	=768	1t. $\overline{a}$	+=896	
			2t. C	=128	128. $\overline{g}$ unter dem Geräusch der übrigen unterscheidbar.
			3t. $\overline{\overline{a}}$	+=1792	
			4t. $\overline{g}$	=768	
	1t. g	=384	1t. G	=192	
$\overline{h}$, $\overline{\overline{d}}$	2t. $\overline{d}$	=576	2t. $\overline{g}$	=768	192. Beide unterscheidbar, g etwas stärker, wegen der Consonanz mit G und $\overline{g}$.
			3t. g	=384	
			4t. $\overline{d}$	=576	
			1t. $\overline{\overline{f}}$	—=1344	
	1t. g	=384	2t. g	=384	
$\overline{h}$, $\overline{\overline{d}}$	2t. $\overline{d}$	=576	3t. $\overline{\overline{h}}$	=1920	192. Beide deutlich.
			4t. $\overline{d}$	=576	
			5t. G	=192	

Angestimmte Töne.	Combination beobachtet.	Combination aus der neuen Theorie abgeleitet.	Combination nach der alten Theorie.
$\overline{h}$, $\overline{\overline{e}}$	$\overline{e}$ =640	1t. e =320 2t. $\overline{e}$ =640	320. $\overline{e}$ deutlich. Aufser e und $\overline{e}$ keiner da.
		1t. $\overline{\overline{g}}$# — =1600 2t. $\overline{e}$ =640	
$\overline{h}$, $\overline{\overline{\overline{e}}}$	1t. $\overline{e}$ =640 2t. e =320	3t. $\overline{\overline{h}}$ =1920 4t. e =320	320. Beide $\overline{e}$ und e deutlich, ersterer stärker.
		1t. G# =201,2 2t. $\overline{a}$ =877,6	
$\overline{\overline{c}}$#, $\overline{\overline{e}}$	a +=429,3+	3t. g# =402,4 4t. $\overline{f}$ — =676,4 5t. a +=475,2	204,8 ($\frac{6}{5}$); 93,3 ($\frac{13}{11}$); 64 ($\frac{19}{16}$). Hinreichend deutlich ist a+.

Angestimmte Töne.	Combinationstöne beobachtet.	Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.	Combinationstöne nach der alten Theorie.
$\overline{\overline{d}}$, $\overline{\overline{g}}$	1t. $\overline{\overline{g}}$ =384 2t. $\overline{g}$ =768	1t. $\overline{\overline{g}}$ =384 1t. $\overline{g}$ =768	384. Beide gehört, aufser ihnen keine.
$\overline{\overline{d}}\#$, $\overline{\overline{g}}\#$	1t. $\overline{\overline{g}}\#$ =404,6 2t. $\overline{g}\#$ =809	1t. $\overline{\overline{g}}\#$ =404,6 2t. $\overline{g}\#$ =809	404,5. Eben so.
$\overline{\overline{d}}\#$, $\overline{\overline{g}}$	$d\#+$ =303,4+	$d\#+$ =322,4	404,5 ($\frac{4}{3}$); 303,4 ($\frac{5}{4}$); 80,9 ($\frac{19}{15}$). Deutlich.
$\overline{\overline{d}}$, $\overline{\overline{h}}$	1t. $\overline{g}$ =768 2t. $\overline{\overline{g}}$ =384	1t. $\overline{g}$ =768 2t. $\overline{\overline{g}}$ =384	384. Deutlicher ist: $\overline{g}$.
$\overline{\overline{e}}$, $\overline{\overline{b}}$	$\overline{c}\#$ 539,4	$\overline{c}\#$ =540,4	640 ($\frac{3}{2}$); 256 ($\frac{7}{5}$); 181,8 ($\frac{10}{7}$). Deutlich.
$\overline{\overline{e}}$, $\overline{\overline{\overline{c}}}$	1t. $\overline{g}$ =768 2t. $\overline{c}$ =512	1t. $\overline{g}$ =768 2t. $\overline{c}$, =512 3t. $\overline{\overline{g}}$ =1536 4t. c =256	256. Beide deutlich.

Angestimmte Töne.	Combinationstöne beobachtet.	Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.	Combinationstöne nach der alten Theorie.
$\overline{\overline{f\#}}$, $\overline{\overline{a}}$	1t. d =288 2t. $\overline{a}$ +=858,6+	1t. d —=277,2 2t. $\overline{\overline{d}}$ =1162,8 3t. $\overline{d}$ —=554,4 4t. $\overline{a}$ +=885,6	273,8 ($\frac{6}{6}$); 52,5 ($\frac{3\,1}{2\,6}$); 8,4 ($\frac{1\,9\,2}{1\,6\,1}$). Beide gehört, d stärker, ohne Zweifel wegen seiner Consonanz mit $\overline{d}$ und $\overline{\overline{d}}$.
$\overline{\overline{f\#}}$, $\overline{\overline{d}}$	1t. $\overline{a}$ =858,6 2t. $\overline{d}$ =576	1t. $\overline{a}$ +=864 2t. $\overline{d}$ =576 3t. $\overline{\overline{a}}$ +=1728 4t. d =288	288. Beide gehört.
$\overline{\overline{f\#}}$, $\overline{h}$	1t. h =480 2t. $\overline{h}$ =960	1t. h =480 2t. $\overline{h}$ =960	480. Deutlich hörbar, sonst keine mehr.

An-

Angestimmte Töne.	Combinationstöne beobachtet.	Combinationstöne aus der neuen Theorie abgeleitet.	Combinationstöne nach der alten Theorie.
$\overline{g}\#$, $\overline{\overline{h}}$	$\overline{d}\# = 606{,}8$	1t. $d\# = 301{,}8$ 2t. $\overline{\overline{e}} + = 1316{,}4$ 3t. $\overline{d}\# = 603{,}6$	647,3 $(\frac{6}{5})$; 294,2 $(\frac{13}{11})$; 202,3 $(\frac{19}{16})$; 54,8 $(\frac{70}{59})$.
$\overline{h}$, $\overline{\overline{g}}$	$\overline{d} = 576$ $g = 384$	1t. $\overline{d} = 574$ 2t. $g = 384$ 3t. $\overline{\overline{d}} = 1152$ 4t. $G = 192$	192. Deutlicher $\overline{a}$, doch g nicht ungewifs.
$\overline{b}$, $\overline{\overline{g}}$	$\overline{d}\# + = 606{,}8 +$	$\overline{d}\# + = 625{,}8$	768 $(\frac{2}{1})$; 307 $(\frac{5}{3})$; 57 $(\frac{217}{16})$. Weder $\overline{g} = 768$, noch $d\# = 307$, noch $\overline{\overline{B}} = 57$ hörbar, sondern sehr deutlich $\overline{d}\# +$.

Aus der Betrachtung dieser Tafel ergiebt sich im Allgemeinen, dafs die neue Theorie auch hier auf's Beste von der Erfahrung bestätigt wird, die alte aber keineswegs hinreicht, alle beobachtete Variationen zu erklären. Insbesondere zeigen einige Beobachtungen, dafs der erste Combinationston der neuen Theorie mit dem, welchen die alte liefert, übereinkommt, sobald das Tonverhältnifs durch die ersten neun natürlichen Zahlen ausgedrückt wird, und der Zähler und Nenner dieses Bruchs nur um eine Einheit von einander abweichen. Da nämlich für gegebene absolute Oscillationszahlen r und s, wenn deren auf die kleinste Zahlen gebrachtes Verhältnifs m : n ist, seyn mufs $s - r = \frac{s}{m}$ und zugleich ist $ns = mr$, so hat man $ms - mr = ms - ns = s$ und $m - n = 1$ oder $n = m - 1$. Gleichergestalt kommt der Combinationston der alten Theorie mit dem zweiten Combinationston der neuen überein, sobald man hat $\pm(2r - s) = \frac{s}{m}$, woraus $2n = m \pm 1$, und so für die übrigen.

So oft aber zwischen den zugleich angestimmten Tönen ein verwickelteres Verhältnifs stattfindet, kann die alte Theorie den Combinationston nur approximativ, zwischen oft weiten Gränzen, bestimmen. Die in obiger Tafel mittelst Kettenbrüche berechneten Beispiele, die in der letzten Kolumne nach der vorhin erklärten Bezeichnung angegeben sind, liefern davon die näheren Beweise. Zugleich erhellt, dafs nicht nothwendigerweise deshalb zwei oder mehrere Combinationstöne gehört zu werden brauchen, weil das Verhältnifs der angestimmten Töne durch eine approximative Reihe ausgedrückt wird. Das Gegentheil davon ergiebt sich einerseits aus dem einfachen Verhältnifs der Töne $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{e}}$, a, $\overline{h}$ und $\overline{\overline{d}}$, $\overline{h}$ und $\overline{\overline{d}}$, $\overline{h}$ und $\overline{\overline{\overline{e}}}$ u. s. w., welche zwei Combinationstöne hervorbringen, andererseits aber aus den verwickelteren Tonverhältnis-

sen $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{d}}\#$, $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{f}}\#$, $\overline{\overline{c}}\#$ und $\overline{\overline{e}}$ u. s. w., welche nur einen solchen Ton liefern. Wie viele Combinationstöne entstehen können, hängt von jenem Tonverhältnifs ab. Vielfältig bestätigte die Erfahrung zu Gunsten der Theorie die sonderbare, und mir wenigstens unerwartet gekommene Erscheinung von abgeleiteten oder secundären Combinationstönen, welche von den primären oder vorangehenden, selbst wenn diese auch mit der gröfsten Aufmerksamkeit nicht hörbar sind, hervorgebracht werden. So z. B. ist bei den Combinationen $\overline{c}$ und $\overline{d}$, $\overline{\overline{c}}$ $\overline{\overline{d}}\#$, $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{f}}$, $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{f}}\#$, $\overline{h}$ und $\overline{\overline{e}}$, wenigstens für meine Ohren nur der *zweite* Combinationston hörbar, bei der Combination $\overline{\overline{g}}\#$ und $\overline{\overline{h}}$ nur der *dritte*, bei den von $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{d}}$, $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{h}$ nur der *vierte*, bei der $\overline{h}$ und $\overline{\overline{d}}$ der *dritte* und *vierte*, bei der $\overline{\overline{c}}\#$ und $\overline{\overline{e}}$ der *fünfte* u. s. w. Unsere Fähigkeit dieselben zu beobachten, scheint von ihrer gegenseitigen Tonhöhe und von ihrem Verhältnifs zu den ursprünglich angestimmten abzuhängen, indem wir nämlich die tieferen wegen ihrer Rauheit nicht leicht unterscheiden können, die höheren aber mit den ursprünglich angestimmten stärker ertönenden verwechseln. Dazu kommt noch, dafs wir die harmonisch consonirenden Töne leichter von einander unterscheiden, die dissonirenden aber, vor Allem wenn ihrer mehrere zugleich ertönen, unter dem von ihnen hervorgebrachten Wirwarr einzelne nicht mehr zu erkennen vermögen, wovon die vorhin erwähnte Combination $\overline{\overline{c}}\#$ und $\overline{\overline{e}}$ ein Beispiel liefert. Indefs folgt daraus nicht, dafs wir blofs consonirende Combinationstöne wahrzunehmen vermögen, wie Young zu glauben scheint, der, mit seinen Landsleuten, diese Töne *harmonische* nennt; vielmehr sind auch oft äufserst dissonirende zu hören, wie z. B. $\overline{e}$ mit $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{d}}$, a mit $\overline{c}$ und $\overline{d}$, $\overline{g}$ mit $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{h}}$ u. s. w.

Finden die Physiker, dafs die hier vorgetragene Theorie, welche ich bescheiden ihrem strengen Urtheile unterwerfe, richtig und naturgemäfs sey, so ist leicht ersichtlich, dafs sich in Betreff dessen, was W. Weber in Poggendorff's Annalen, Bd. XV (91) S. 216, über die Tartinischen oder Combinationstöne bekannt gemacht hat, einige Bemerkungen von selbst aufdringen. Jener Physiker spricht zunächst von dem Grunde, durch welchen es möglich wird, zwei Combinationstöne zugleich zu hören, und meint, dieser liege darin, dafs es für die gleichzeitig angestimmten Töne zwei genäherte Verhältnisse gebe, welche beide zur Bestimmung des Combinationstons dienen können.

Diese Erklärungsweise ist aber, meines Erachtens, nicht ohne weitere Prüfung annehmbar, um so mehr als ihr die Erfahrung zu widersprechen scheint. Es würde nämlich unzweifelhaft daraus folgen, dafs Töne, deren Verhältnifs ganz bestimmt und hinreichend einfach wäre, der Annäherung also nicht bedürfte, nicht mehr als einen einzigen Combinationston geben könnte, was indefs gegen die Erfahrung ist.

So z. B. geben die Töne $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{e}}$, deren Verhältnifs hinreichend genau durch das sehr einfache 4 : 5 ausgedrückt werden kann, dennoch zwei Combinationstöne, nämlich c und $\overline{g}$, von denen der erstere, welcher bisher als der alleinige und ächte betrachtet worden ist, nur schwach gehört wird, der letztere aber, obgleich er nur der secundäre ist, so stark und deutlich, dafs in Betreff seiner kein Zweifel stattfinden kann. Mehrere solcher Beispiele finden sich in dem Vorhergehenden.

Ferner ist nicht leicht ersichtlich, wie es die approximative Methode, wie überhaupt die alte Theorie erklären will, dafs man weit höhere Töne wahrnimmt, als gemeiniglich aus jener abgeleitet werden: so z. B. erstlich: aus der Combination von $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{d}}$ den Ton $\overline{e}$, des-

sen Oscillationszahl fünf Mal gröfser ist als die des Tons C=128, des einzigen, der sich aus der alten Theorie ableiten läfst; zweitens: aus der Combination von $\overline{\overline{c}}$ und $\overline{\overline{d}}\#$ den Ton $\overline{\overline{g}}\#+=834$, welcher mehr als vier Mal höher ist als der, welchen man aus dem angenäherten Verhältnifs jener Töne herleiten kann. So verhält es sich in vielen Fällen, welche alle darauf hinweisen, dafs die alte Theorie nicht so unzweifelhaft und vollständig ist, wie man bisher geglaubt hat.

Wie mir scheint ist man daher auch nicht berechtigt den Baron Blein blofs deshalb, weil seine Beobachtungen nicht mit der alten Theorie übereinstimmen, der Unkenntnifs der wahren Theorie und eines fehlerhaften Beobachtens zu beschuldigen; im Gegentheil stimmen seine Versuche so innig mit der hier vorgetragenen Theorie, dafs man glauben möchte, er habe das, was er für Erfahrung ausgiebt, durch Rechnung aus dieser Theorie abgeleitet. Da es Niemanden ohne gewichtige Ursache zukommt, das Zutrauen zu den Aussagen eines Anderen zu schwächen, so kann ich nicht umhin, seine Beobachtungen für richtig zu halten, zumal sie zur vollendeten Bestätigung meiner schon vor zwölf Jahren entworfenen Theorie von grofsem Werthe sind. Es ist in der Tafel des Baron Blein eine gewisse Versetzung vorhanden, welche darthut, dafs derselbe, ohne von einer theoretischen Ansicht geleitet zu werden, nur die Ergebnisse der Erfahrung niederschrieb, gleichgültig, welchen der gehörten Töne er den ersten oder zweiten nannte, oder, falls er er eine Theorie zu Rathe zog, dafs er einer Betrachtungsweise gefolgt ist, die von meiner etwas abweicht. Dieſs erhellt aus folgendem Vergleich, in welchem Kürze halber die Töne nur durch die Anzahl ihrer Oscillationen aufgeführt sind.

Ton c=256 gleichzeitig angestimmt mit:	Daraus entstehender Combinationston nach Blein' Versuchen		nach der Theorie	
	erster.	zweiter.	erster.	zweiter.
256	256	- -	- -	256
$266\frac{2}{3}$	$245\frac{1}{3}$	- -	- -	$245\frac{1}{3}$
$271\frac{1}{15}$	$238\frac{14}{15}$	- -	- -	$240\frac{14}{15}$
$284\frac{3}{5}$	$227\frac{5}{9}$	- -	- -	$227\frac{2}{5}$
288	224	- -	- -	224
300	212	44	44	212
$307\frac{1}{5}$	$204\frac{4}{5}$	- -	- -	$204\frac{4}{5}$
320	192	- -	- -	192
$341\frac{1}{3}$	$170\frac{2}{3}$	- -	- -	$170\frac{2}{3}$
$355\frac{5}{9}$	$156\frac{4}{9}$	$99\frac{5}{9}$	$99\frac{5}{9}$	$156\frac{4}{9}$
362	150	106	106	150
$368\frac{16}{25}$	$143\frac{9}{25}$	$112\frac{16}{25}$	$112\frac{16}{25}$	$143\frac{9}{25}$
384	128	- -	128	- -
400	144	- -	144	- -
$409\frac{3}{5}$	$153\frac{3}{5}$	- -	$153\frac{3}{5}$	- -
$426\frac{2}{3}$	$170\frac{2}{3}$	- -	$170\frac{2}{3}$	- -
$455\frac{1}{9}$	$199\frac{1}{9}$	- -	$199\frac{1}{9}$	- -
$460\frac{4}{5}$	$204\frac{4}{5}$	- -	$204\frac{4}{5}$	- -
$491\frac{13}{25}$	$235\frac{13}{25}$	- -	$235\frac{13}{25}$	- -
512	256	- -	256	- -

III. *Ueber das sogenannte Trevelyan-Instrument; von G. W. Muncke.*

Ein gewisser Liebhaber der Naturwissenschaften, Mr. Trevelyan aus Wallington in Northumberland, hat während seines Aufenthalts in Edinburg ein Instrument erfunden, welches aus Kupfer oder Messing in Gestalt des Schlägers, dessen die Engländer sich beim Cricket-Ballspiele bedienen, gegossen wird, und das interessante Phänomen zeigt, dafs es, über den Siedepunkt des Wassers erhitzt, in tönende Schwingungen geräth. Der Versuch mit diesem Trevelyan-Instrument geräth ohne Schwierigkeit, und das Tönen dauert nach Belieben fort, so lange